

ALLGEMEINE BIOLOGIE

Der Untergang der Dinosaurier

Von Dr. Robert Exner, Wien

Eingegangen 18. März 1955

Einführend muß darauf hingewiesen werden, daß im Naturhistorischen Museum derzeit eine Sammlung von konservierten Gehirnen und Schädelausgüssen angelegt wird. Das bis jetzt aufgesammelte Material hat die Anregung zu manchen diesbezüglichen Studien so gut wie zu vorliegender Arbeit geliefert.

Die Erde hat uns ein zwar sehr lückenhaftes und oft schwer lesbares Bilderbuch aufbewahrt, in welchem sie die Geschichte der Lebewesen, die ihre Oberfläche bevölkert haben, aufgezeichnet hat; sie reicht über Hunderte von Millionen Jahren zurück und wird üblicherweise in ein Paläozoikum, Mesozoikum und Känozoikum eingeteilt.

Das Ereignis, das uns hier zu beschäftigen hat, fällt in das Ende des Mesozoikums und seinen Übergang in die Tertiärzeit, also in den Beginn des Känozoikums. Die zahlreich aufgefundenen Spuren und Überreste der Wirbeltiere aus der Zeit des zu Ende gehenden Paläozoikums und während des Mesozoikums zeigen neben kleineren Formen, wie sie heute noch leben, auch Arten und Gattungen von sehr großen Dimensionen, eben die Dinosaurier, die am Ende der Kreidezeit plötzlich von der Erde verschwinden. Will man dieser Erscheinung wissenschaftlich näher treten, darf man sich nicht mit der Annahme von Katastrophen begnügen, wie sie unzweifelhaft am Ende der Kreidezeit eingetreten sind: es kommen da Klimaverschlechterungen, vulkanische Ausbrüche wie auch das Auftauchen von Kontinenten aus dem Meer, Überflutungen von Kontinentteilen und Auffaltung von Gebirgen in Betracht. Alle diese terrestrischen und klimatologischen Veränderungen konnten wohl große Veränderungen in ihrem lokalen Bereich hervorgerufen haben, also einzelne Arten und Gattungen der Dinosaurier zum Aussterben bringen, aber nicht ein ganzes, über die weite Erde verbreitetes Geschlecht, dessen Nachfahren in kleineren Formen und weiter entwickelten Familien heute noch weite Gebiete der Erde bevölkern. Wollen wir hier zu einem der modernen Wissenschaft entsprechenden Anschauungsbilde kommen, müssen wir den Rahmen unserer Betrachtungen sehr weit spannen und unseren Blick nicht nur auf die geologischen und klimatologischen Verhältnisse der fraglichen Zeitepoche gebannt halten.

Ursprünglich bezeichnete der Ausdruck Saurier, als die Funde noch selten waren, ausgestorbene reptilienartige Formen; die großen davon nannte man einfach Dinosaurier. Heute, wo wir zahlreiche Funde von der ganzen Erde besitzen, in manchen Fällen ganze Entwicklungsreihen aufstellen können,

wissen wir, daß es sich nur um Tiere aus dem Stamme der Reptilien gehandelt hat.

Die Amphibien machten die Entwicklung immer größerer Formen nur am Ende des Paläozoikums mit, gaben aber im Mesozoikum diese Entwicklungstendenz bald auf. Die großen Amphibienarten verschwinden schon in der ersten Epoche des Mesozoikums. Amphibien und Reptilien aber gehören zu den Wirbeltieren, und diese sind in ihrer Gesamtheit eine Erscheinungsform der lebenden Substanz und damit an die Grundeigenschaften der letzteren gebunden. Ich habe auf diese Grundeigenschaften der lebenden Substanz schon einmal in einem Vortrage vor fast 20 Jahren hingewiesen, sie auch in den „Grundlagen der Völkerpsychologie“ (Psychiatr.-Neurolog. Wochenschr. 1940—1941) veröffentlicht. Diese Grundeigenschaften sind folgende:

1. Die lebende Substanz zersetzt sich fortwährend und baut sich fortwährend neu auf.

2. Unter geeigneten äußeren Bedingungen wird schneller aufgebaut als zersetzt, vorausgesetzt, daß die lebende Substanz ihrer inneren Struktur nach normal ist.

3. Die lebende Substanz strebt nach möglicher räumlicher Konzentration durch Organisation.

Auf Grund dieser drei Eigenschaften kam es zur intermolekularen Organisation des Virus und dann zur intrazellulären des Einzellers und schließlich zur interzellulären des Vielzellers. Bei höher organisierten Lebensformen kann dazu noch durch entsprechende Eigenschaften der Zentralnervensysteme eine interindividuelle Organisationsform kommen, die zur Bildung von Volkstümmern und Völkern führt. Für unsere zur Diskussion stehende Frage des relativ plötzlichen Unterganges der Dinosaurier spielen die ersten zwei der oben aufgezählten Grundeigenschaften keine große Rolle, sie wurden in ihren biologischen Auswirkungen bereits vom Physiologen Pflüger und dem Zoologen Hertwig weitreichend durchstudiert und interpretiert. Dagegen ist offenbar die dritte Grundeigenschaft für unsere Zwecke sehr wichtig, weil jede Vergrößerung von Lebensformen als Ausdruck der Tendenz zu räumlicher Konzentration aufgefaßt werden muß. Wenn aber dem so ist, so ist der Fortbestand einer großen Type der betreffenden Gattung nur dann gesichert, wenn ihre innere Organisationsfähigkeit und Organisation den inneren und äußeren Anforderungen jeweils entspricht. Dies gilt für ein Virus genau so wie für den Dinosaurier und, nebenbei gesagt, weiter für die interindividuellen Organisationen. Träger dieser inneren Organisation sind im allgemeinen besondere chemische Stoffe, die als Wirkstoffe, Botenstoffe, Vitamine usw. teilweise bekannt geworden sind, dann aber auch besondere Zellapparate, die z. B., wie bei den Wirbeltieren, als Zentralnervensysteme allgemein bekannt sind. Nervenartige Gebilde sind durch Klein übrigens auch bei höheren Einzellern erkannt und von ihm als „Silberfäden“ bezeichnet worden.

Die Tendenz zur Entwicklung immer größerer Formen einer bestimmten Type tritt übrigens in der Geschichte der lebenden Substanz mehrfach auf und steht in dieser Hinsicht das Auftreten der Dinosaurier nicht vereinzelt da. Ich erinnere hier nur an das Auftreten von großen Einzellern (Nummuliten). Andere Beispiele sind aus dem Pflanzenreiche, von den Insekten und Mammaliern der Tertiärzeit bekannt. Immer wird es eine Frage der inneren Organisationsfähigkeit und Organisation sein, ob die betreffende große Type sich halten oder sogar nach dem Prinzip der Orthogenese sich weiter vergrößern kann oder zum Aussterben verurteilt ist. Hinzuzufügen ist hier nur noch die grundlegende Tatsache, daß einer räumlichen Konzentration der lebenden Substanz auch eine entsprechende räumliche Konzentration der Nahrungsmittel koordiniert sein muß.

Wenn wir nun von diesen allgemeinen Betrachtungen auf das Thema Dinosaurier übergehen, so haben wir uns die Frage vorzulegen, ob aus den zahlreichen Überresten, wie Abdrücken, Skelettfunden, Versteinerungen usw., auf Schäden oder Anomalien der inneren Sekretion oder der Zentralnervensysteme geschlossen werden kann. Was nun die innere Sekretion betrifft, so ist hier auf eine längst bekannte morphologische Eigenheit der Dinosaurierschädel hinzuweisen: die relativ sehr großen Hypophysengruben. Daraus läßt sich der Schluß ziehen, daß diese großen Gruben auch einen entsprechend großen Inhalt gehabt haben. Dieser Inhalt aber besteht bei den Wirbeltieren ganz allgemein nur aus der Hypophyse und den dazugehörigen Blutgefäßen und Nervenverbindungen. Die Dinosaurier haben also sehr mächtige Hirnanhangdrüsen gehabt. Die Hypophyse ist eine Drüse innerer Sekretion, die die verschiedensten Funktionen auszuüben hat. Es ist nur die Frage, ob die an rezenten Formen und beim Menschen gewonnenen Erkenntnisse auf Reptilien und Amphibien, die vor 200 bis 300 Millionen Jahren gelebt haben, wahllos übertragen werden dürfen. Dafür kommen wohl nur zwei Funktionen der Wirbeltierhypophyse in Betracht:

1. Es ist die Hypophyse der Wirbeltiere ganz allgemein die führende Drüse innerer Sekretion. Qualitativ gilt dies ganz besonders für die Keimdrüsen, die Schilddrüse und die Nebennieren. Die Hypophyse scheidet gonadotrope, thyreotrope und adrenotrope Hormone ab, die die genannten Drüsen innerer Sekretion steuern. Wir wissen aber auch, daß besonders der Hypophysen-Nebennierenapparat wichtig für die vegetativen Anpassungen des Körpers an die äußeren Lebensbedingungen ist und daß Überdimensionierungen dieses Apparates, wie sie von der Pathologie her bekannt sind, innersekretorisch zu einer ständigen Labilität der vegetativen Steuerung Anlaß geben, die sich in verminderten Anpassungsleistungen nach außen hin kundgibt. Die Reaktionsfähigkeit auf Außenreize ist weniger prompt und adäquat. Wie weit diese an den jetzigen Wirbeltieren gewonnenen Erfahrungen auf die Dinosaurier übertragen werden dürfen, ist natürlich eine Frage für sich, die nicht restlos beantwortet werden kann. Da ich mich aber hier an allgemeine Prinzipien der Organisation der Wirbeltiere gehalten habe, ist die Wahr-

scheinlichkeit ihrer Gültigkeit für die Dinosaurier eine sehr große. Wenn dem aber so gewesen ist, ist leicht zu verstehen, daß klimatische Änderungen jeglicher Art für die Dinosaurier gefährlich gewesen sind, auch wenn keine dauernde Klimaänderung mit der klimatischen Schwankung verbunden gewesen ist.

2. Es untersteht der Hypophyse der Wirbeltiere ganz allgemein das Längenwachstum der Wirbelsäule und der langen Röhrenknochen. Es ist daher ohne weiteres verständlich, daß die Dinosaurier entsprechend groß dimensionierte Hypophysengruben schon aus diesem Grunde aufweisen müssen.

Es ist nun hier der Ort, auf neuere Studien einzugehen, die von R. Routil und dem Autor gemacht worden sind. Die Ergebnisse seien in diesem Zusammenhange kurz referiert:

Schramm gelangte bei Studien über die Beziehungen zwischen Körperlänge (L) und Körpergewicht (P) beim Menschen zu einer bestimmten Formel, die auch auf Embryonen bis zum Ei hinab bei Kontrollen an Wirbeltieren richtige Resultate ergab:

$$P = K \cdot L^n$$

Für n gibt Schramm den Wert von 2,58 an, und K ist eine typeneigene Konstante, die mit der Körpergröße zu tun hat. Unabhängig von Schramm kamen andere Autoren, wie R. Routil, Dössingen u. a., bei anthropologischen Vermessungen an Kindern und heranwachsender Jugend zu analogen Beziehungen und mathematischen Formulierungen zwischen Körperlänge und Körpergewicht. Hierbei wird für n zumeist ein Wert von 2,60 angegeben, einmal auch 2,84; andere stark abweichende Werte für n beruhen wohl darauf, daß das untersuchte Material zahlenmäßig sehr gering und rassenmäßig allzu different gewesen ist.

Dies alles weist meines Erachtens darauf hin, daß der Schrammschen Formel eine allgemeine Bedeutung für das Wachstum der Wirbeltiere zukommt. Wenn dem aber so ist, so müßte in der typeneigenen Konstanten K der Schrammschen Formel ein typeneigener Hypophysenfaktor enthalten sein. Die Anwendung dieser Formel auf umschriebene, reichlich in den Sammlungen vertretene Dinosauriertypen steht aber noch aus.

Nimmt man als Arbeitshypothese an, daß für alle Wirbeltiere der Wert des Exponenten n ein für allemal 2,60 beträgt, so kann man für jedes Wirbeltier das K berechnen, wenn man nur seine Körperlänge L und sein Körpergewicht P in Metern, bzw. Kilogramm kennt. Eine grobe Berechnung ergibt für einen theoretischen Normalmenschen von 170 cm Körperlänge und 70 kg Gewicht für K den Wert 17. Der gleiche Wert ergab sich auch für ein neunjähriges gesundes, 150 cm großes Mädchen, das ich über Wunsch überbesorgter Eltern spirometrisch zu analysieren hatte. Auch die spirometrische Analyse ergab durchaus normale Werte. Das ändert sich sofort, wenn man pathologische Fälle zum Vergleich heranzieht, bei denen es sich um primäre Hypophysen- und damit auch Zwischenhirnstörungen handelt. Denn die Hypophyse arbeitet eng mit dem Zwischenhirn zusammen. Vorausgeschickt

muß hier werden, daß die Hypophyse über mehrere Zellarten verfügt, die funktionell in einem gewissen Gleichgewicht stehen müssen, wenn normal dimensionierte Individuen entstehen sollen. Von Bedeutung sind hier die Akromegalie, hervorgerufen durch die eosinophilen Zellen, und die hypophysäre Fettsucht, hervorgerufen durch die Hauptzellen der Hypophyse. Es müssen nicht immer gleich maligne Tumoren sein, die zu den genannten Krankheitsbildern führen, es gibt da auch genug blande Fälle, die sich zwar klinisch bemerkbar machen, aber dann stationär bleiben. Es gibt da alle möglichen Übergänge zu den Normalen, die sich nur dadurch auffällig machen, daß ihre Erscheinungsform unter einem andern Volkstum als normal gelten könnte, in ihrem eigenen aber aus der Reihe fällt.

Probeweise Anwendung der Schrammschen Formel auf diagnostisch einwandfreie und spirometrisch analytisch durchstudierte Fälle von *Dystrophia adiposohypogenitalis* ergibt für K durchwegs erhöhte Werte. So hatte eine berufstätige Patientin mit benigner Dystrophie, 1,68 m groß und 75 kg schwer, ein $K=19$, ein schwerer Fall mit der gleichen Erkrankung, 160 cm groß und 85 kg Gewicht, ein $K=24$; ein berufstätiger Mann von 170 cm Körpergröße und einem stationären Gewicht von 80 kg mit einer blanden, seit Jahren stationären Akromegalie ein $K=20$.

Man könnte nun veranlaßt sein, das K als den Ausdruck einer in diesen Fällen begreiflichen Überleistung der Hypophyse aufzufassen. So einfach aber liegen die Dinge für die Interpretation der Bedeutung des K nicht, wie folgendes Beispiel lehrt. Es handelt sich um einen elfjährigen Knaben, 150 cm groß, aber nur 35 kg schwer, 2 Monate nach dem Überstehen einer klinisch unklaren kurzen Kopfrippe, der in lebhafter Gewichtszunahme war und Wachstumsfortschritte zeigte. Der Hypophysenapparat war also sicher in voller Tätigkeit, das Spirometerbild bestätigte es. Die Berechnung ergibt aber für K einen unter 17 liegenden Wert: $K=12$. Nun ist der Hypophysenapparat im wesentlichen ein innersekretorischer Apparat, gehört also zur chemischen Steuerung des Vielzellers. Diese aber regelt sich nach dem allgemeinen Gesetze von Angebot und Bedarf. Alle diesbezüglichen Messungsergebnisse sind nur bei normalem Betrieb im Organismus Konstanten, werden plus bei relativer Überproduktion und minus bei relativer Unterproduktion. Das $K=12$ bedeutet hier also, daß der Hypophysenapparat nicht den Anforderungen des Körpers voll genügt hat. Der Fall bringt uns dem Verständnis der Resultate bei zwei großen Dinosauriern näher: Edwin H. Colbert gibt in seinem Werk „The Dinosaur Book“, 1945, New York, für den größten fleischfressenden Dinosaurier, den *Tyrannosaurus* eine Länge von 17 m, von der Schnauzenspitze bis zur Schwanzspitze gemessen, und ein Lebendgewicht von mindestens 8000 kg an. Das K ist somit gleich 5. Und ähnlich steht es um den größten Dinosaurier, den wir kennen, den *Brontosaurus*. Dieser war nach der gleichen Quelle 80 Fuß, also annähernd 27 m, lang, und sein Gewicht betrug 40 Tonnen. Der Wert für K ist dann rund sieben.

Unter der Voraussetzung also, daß die Schrammsche Formel für Wirbeltiere allgemein giltig ist und ihr K einen funktionellen Hypophysenfaktor darstellt oder mindestens enthält, muß bei den ausgewachsenen großen Dinosauriertypen die Leistungsfähigkeit der Hypophyse trotz ihrer Größe für den riesigen Körper gering gewesen sein. Das muß nun nicht für jede der verschiedenen Funktionen der Hypophyse gleich gewesen sein. Für das Längenwachstum der großen Dinosaurier hat sie jedenfalls ausgiebig gesorgt, wie aber ihre Zusammensetzung aus den verschiedenen Zellarten gewesen ist, können wir direkt wohl nicht mehr erfahren; ich halte es für sehr gut möglich, daß sie einigermaßen abwegig gewesen ist, etwa unter starker Bevorzugung der eosinophilen Zellelemente.

Die große Hypophyse hat anscheinend auch ein rasches Jugendwachstum hervorgerufen, wie Colbert angibt, denn Überreste von nicht ausgewachsenen Dinosauriern sind ganz allgemein verhältnismäßig selten, auch dort, wo sich die Überreste massenweise finden. Da bei den Wirbeltieren mit Erreichen der Geschlechtsreife im allgemeinen die Wachstumsvorgänge im Körper abflauen und langsamer oder schneller zum Stillstand kommen, ist durch das rasche Wachstum der Dinosaurier der Gefahr begegnet, durch späte Geschlechtsreife eine zeitlich zerdehnte Geschlechterfolge zu bekommen und damit ein langsames Aussterben vorzubereiten.

Noch ein anderes Organ der chemischen Steuerung hat Spuren in den erhaltenen Schädeln der Dinosaurier hinterlassen, es ist dies das Parietalorgan. Soweit es bei den modernen Reptilien gut ausgebaut ist, imponiert es rein seinem anatomischen Bau nach als optischer Wellenrezeptor. Die einen Autoren wollen es direkt als Auge aufgefaßt wissen, andere haben es als Wärmeorgan bezeichnet. Es ist sogar bei manchen Sauriern so wie die anderen Augen durch einen knöchernen Skleralpanzerring geschützt. Aber dieses Parietalorgan ist nur ein Teil eines seinem Bau nach innersekretorischen Organes, der Epiphyse. Eine Epiphyse aber haben die Vögel und Säugetiere auch, nur haben sie kein Parietalorgan mehr oder es niemals in nennenswertem Umfange besessen. So bleibt nur übrig anzunehmen, daß es sich um ein innersekretorisches Organ handelt, dessen optische Steuerung gerade bei den Reptilien und damit bei den Dinosauriern von großer Bedeutung gewesen ist. Aber auch über die innersekretorischen Funktionen der Epiphyse selbst sind unsere Kenntnisse höchst unsichere. Man kann aussagen, daß die Epiphyse beim Altern des Individuums sowohl, als auch bei höherer Entwicklung der Typen der Wirbeltiere sich mit Hirnsand füllt und ihre Funktionsleistungen vermindert. Die Epiphyse ist also ein innersekretorisches Organ „jugendlicher“ Organisationsformen und ein „jugendliches“ Organ höherer Organisationsformen der Wirbeltiere. Über ihre eigentlichen Leistungen steht uns nur eine einzige sichere Erfahrung zu Gebote und diese stammt leider aus der menschlichen Pathologie und darf daher nicht beliebig verallgemeinert und auf die Dinosaurier übertragen werden. Es ist dies das Krankheitsbild des Hirsutismus, das fast ausschließlich bei weiblichen Kindern vorkommt. Die Ursache sind

Epiphysentumoren. Das klinische Bild besteht aus einer Tendenz zu frühzeitiger Geschlechtsreife und Zunahme der Körperbehaarung. Das einzige, das daraus entnommen werden kann, ist, daß die Drüse irgendwie mit der Geschlechtsreife des Menschen zu tun hat; ob sie das auch bei den Dinosauriern, eventuell optisch gesteuert, auch getan hat, ist natürlich eine fragwürdige Angelegenheit. Sie paßt nur anscheinend zu dem Bild des raschen Heranwachsens der Dinosaurier und der innersekretorischen Organisationsmängel der chemischen Steuerung überhaupt dieser Giganten der Tierwelt.

Die Reptilien haben von der Permzeit an eine ungeheure Fülle von Typen entwickelt, vielfach mit insuffizienten innerorganisatorischen Mitteln, die minderwertige Aushilfen und Spezialanpassungen nötig machten, und dahin gehört auch die überragende Bedeutung der Epiphyse und die Entwicklung einer besonderen optischen Steuerung für diese und die angeschlossenen Hirnzentren. Reptilien sind Kaltblüter, sie sind daher mit ihrem ganzen Stoffwechsel stark von der Außentemperatur abhängig. Diese ist aber von der Licht- und Wärmestrahlung abhängig. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß die Autoren recht haben, die im Parietalorgan nicht ein direktes „Auge“, sondern ein einfaches Licht- oder Wärmeperzeptionsorgan gesehen haben, das über die Epiphyse in die innere Sekretion regulierend eingreift. Das wäre also ein minderwertiger Ersatz für das, was der Warmblüter in seinem Grundumsatzzentrum im Zwischenhirn besitzt.

Grundumsatz und Warmblütigkeit sind zwei eng miteinander zusammenhängende Funktionen des Vegetativums, und das eine ohne das andere ist nicht gut denkbar. Colbert wirft darum in seinem Dinosaurierbuche die Frage auf, ob es unter den Sauriern überhaupt Formen gegeben hat, die über derartige Funktionen bereits verfügt haben. Der Autor ist geneigt, dies für die säugetierähnlichen Lepidosaurier und Dromatherien zu bejahen und bildet hierhergehörige Formen mit Haarkleid ab. Ebenso wird solches wegen der Flugmuskulatur von den Flugsauriern und dem federbekleideten *Archaeopteryx lithographica* vermutet. Haar- oder Federkleid schützen vor Wärmeverlusten und erleichtern sehr das Halten eines bestimmten Mindestmaßes von Körpertemperatur, auch wenn der Körper sich in Ruhe befindet; er ist damit stark von der Außentemperatur und der Luftfeuchtigkeit unabhängig gemacht.

Die Überreste dieser Tiere lassen auch kein Parietalorgan erkennen, es hat nach dem Gesagten die Entwicklung eines solchen sicher keinen Wert gehabt. Das Haar- oder Federkleid hätte die Bedeutung eines gut entwickelten Parietalorgans ohnehin illusorisch werden lassen. Ob nicht eine Anlage zu einem solchen, ähnlich dem der Selachier, vorhanden gewesen ist, läßt sich natürlich heute nicht mehr konstatieren. Übrigens fehlt ein voll entwickeltes Parietalorgan auch bei großen Dinosauriertypen. Die Gründe hierfür sind natürlich heute nicht mehr feststellbar, ebensowenig das Ausmaß einer etwa nur partiellen Entwicklung bei der betreffenden Type. Das Organ hat eben keine heute noch erkennbaren Spuren in der Schädelbildung hinterlassen.

Soweit wir also heute über die chemische Steuerung der großen Dinosaurier etwas aussagen können, läßt sich vermuten, daß sie schwach und verhältnismäßig insuffizient gewesen ist. Sie arbeitete mit behelfsmäßigen Anpassungen, um die räumliche Konzentration der lebenden Substanz zu ermöglichen; einen wirklichen Fortschritt über die Reptilienorganisation hat sie nicht mit sich gebracht. Bemerkenswert ist auch, daß die ganz großen Typen erst am Ende der Kreidezeit aufgetreten sind. Das mag, wie Economo einmal ausgeführt hat, einen inneren Grund im Prinzip der Orthogenese gehabt haben, welche bewirkt, daß eine einmal eingeschlagene Entwicklungsrichtung immer weiter fortgesetzt wird. Also in unserem Falle die immer stärkere Konzentration der lebenden Substanz, selbst auf Kosten der Stabilität der inneren Organisation. So etwas ist nur möglich unter ganz gleichmäßigen äußeren klimatischen Bedingungen, die keinerlei momentane oder periodische oder definitive Anpassungen des Vegetativums erforderlich machen und außerdem biologisch günstig für die betreffenden Lebensformen sein müssen. Das hat natürlich auch für die umgebende Flora seine Gültigkeit gehabt. Da nun die meisten Dinosaurier Pflanzenfresser waren, so entsprach der räumlichen Konzentration der lebenden Substanz auch die räumliche Konzentration der Nahrungsmittel, was wiederum an die zentralnervösen Leistungen dieser Tiere zum Aufsuchen der Nahrung minimale Anforderungen gestellt hat. Fortfall dieser günstigen äußeren Bedingungen mußte am Ende der Kreidezeit schon aus diesen inneren Bedingungen heraus die großen Formen sehr rasch zum Aussterben bringen. Weiß ja doch jeder Arzt, wie stark vegetativ stigmatisierte oder vegetativ schwache menschliche Individuen auf klimatische Schwankungen reagieren, eventuell sogar mit Häufung der Todesfälle. An solchen klimatologischen und geologischen Veränderungen hat es aber am Ende der Kreidezeit und im Eozän nicht gefehlt. Halten konnten sich da nur Formen, deren innere Organisation im Rahmen des Reptilienmusters der Körpergröße entsprach oder weiterentwickelt und damit über das Reptilienmuster hinausgewachsen war.

Damit kommen wir aber zur zweiten hier zur Diskussion stehenden Frage: wie ist es um den andern Träger der intraindividuellen Organisation, das Zentralnervensystem, bei den Dinosauriern gestanden? Aufgabe des Zentralnervensystems der Wirbeltiere ist es seit jeher gewesen, einmal die Umweltbeziehungen des Individuums fortlaufend zu gestalten, zum andern aber die eventuell nötigen vegetativen Umsteuerungen im Organismus zu veranlassen, die dann von der chemischen Steuerung festgehalten werden. Es wird daher ein größeres Tier ein größeres Gehirn brauchen als ein kleineres und ein intelligenteres ein größeres als ein dümmeres. Da ist nun den Paläontologen schon lange der abwegige Bau der Zentralnervensysteme aufgefallen: eine gute Entwicklung des Rückenmarkes meist mit übermäßiger Lendenanschwellung, die im ersten Augenblick wie eine unförmige Geschwulst aussieht, und eine ganz kleine Schädelhöhle. Beim *Stegosaurus* z. B. macht die Kapazität der Schädelhöhle nach Colbert nur ein Sechzigstel des Volumens

der Lendenanschwellung aus. Die Dinosaurier waren vom praktischen Standpunkt aus gesehen Rückenmarkstiere, wiewohl ihre Schädelausgüsse ein relativ kleines, aber typisches Reptiliengehirn erkennen lassen. Ganz allgemein bedeutet dies, daß viele ihrer Funktionsleistungen über das Rückenmark geschaltet waren und einer zentralen Oberleitung im Gehirn entbehrten. Das Rückenmark ist aber ein starrer, stark automatisierter Apparat, der bei genügender Größe wohl recht komplizierte Aktionen und Reaktionen durchführen kann, aber wenig Variationen derselben gestattet. Das ist aber nur bei entsprechender Gehirnentwicklung möglich. Wir kennen daher von der Gehirnentwicklung der Wirbeltiere her die bekannte Erscheinung des zentralen Wanderns der Funktionen: je nach Wirbeltiertyp und verfügbarer Ganglienzellenzahl werden Gehirnteile und Zentren ausgebildet oder neugeschaffen, die leistungsfähiger als die bisherigen sind und darum die Leitung der betreffenden Funktion übernehmen und die früheren Apparaturen im Rückenmark oder im Hirnstamm nur mehr als Hilfsapparate benützen. In dieser Hinsicht ist, scheint es bei den Dinosauriern, nichts geschehen. Sie haben es auch nicht notwendig gehabt, denn Futterstoffe waren offenbar reichlich vorhanden und äußere Feinde, die ihren Abwehrwaffen gewachsen gewesen wären, gab es offenbar nur wenige. Es kommen da nur die großen Raubdinosaurier in Frage, denn die Lebewesen, die mit ihrer Gehirnentwicklung vorausgewesen sind, die Vögel und die Säugetiere, verfügten nur über kleine Formen, wenigstens soweit unsere Funde reichen, und konnten ihnen in der Kreide noch nicht gefährlich werden.

Eine „zentrale Wanderung der Funktionen“ ist also bei den Dinosauriern wegen der Kleinheit der Gehirne unmöglich gewesen, und so erleben wir hier das groteske Schauspiel, daß das Rückenmark wie bei den allerprimitivsten Wirbeltieren wieder eine dominante Rolle spielt. Zieht man auf der Suche nach einem Erklärungsversuche diejenigen Zeitgenossen der Dinosaurier heran, die an der Schwelle einer weiteren Gehirnentwicklung gestanden sind, so stößt man auf die schon genannten Vorstufen der Mammalier und *Archaeopteryx lithographica*. Diese haben die Regulierung ihrer Körpertemperatur nicht den umgebenden Medien überlassen, sondern in eigene Verwaltung übernommen. Dadurch waren sie imstande, auch in ihrem Schädelinneren eine gleichmäßige Temperatur zu erhalten und gegen äußere Temperaturschwankungen zu verteidigen. Die Entwicklung eines Haar- oder Federkleides wirkt in derselben Richtung. Die Erhaltung einer entsprechenden Temperatur im Schädelraum muß also als Vorbedingung einer Weiterentwicklung der Gehirne aufgefaßt werden. Dazu kommt noch etwas anderes: Die Reptilienorganisation verfügt heute noch nur über ein Dreikammerherz, und es besteht wohl kein Zweifel darüber, daß dies im Mesozoikum ebenso gewesen ist. Ein solches Dreikammerherz liefert aber venös vermischtes Blut mit eventuell schwankender Sauerstoffsättigung in den Kreislauf und damit in das Gehirn, was einer funktionellen Leistungsfähigkeit dieses Organes nicht förderlich ist. Die modernen Vögel und Säugetiere haben darum Vierkammerherzen. Es

sind daher beim Dinosaurier nicht einmal die physiologischen Voraussetzungen zur Entwicklung hochspezialisierter Gehirne gegeben gewesen.

Es sprechen also gewichtige Gründe dafür, daß die großen Dinosaurier nicht nur zu kleine Gehirne gehabt haben, sondern auch gar nicht in der Lage gewesen sind, große und qualitativ leistungsfähige Gehirne zu entwickeln, geschweige denn solche zu erhalten. Es ist also auch ihre zentralnervöse Organisation behelfsmäßig aufgebaut gewesen, ein Zustand, der auf die Dauer nur denkbar gewesen ist, solange keine besonderen Anforderungen an ihre Gehirne gestellt worden sind. Die Kephalisation muß eine sehr niedrige gewesen sein. Auf Grund der Arbeiten von Dubois, Lopicque, Brummelkamp u. a. müßte es heute ohne weiteres möglich sein, die Größe der Kephalisation für jede Art zu bestimmen, von der genügend Überreste in den Museen sich befinden. Bezeichnet man nach Dubois die an sich gleichartige Kephalisation der Spitzmäuse und eozänen Mammalier mit „1“, dann beträgt nach Berechnungen und Zusammenstellungen von R. Routil die der heutigen Reptilien $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{4}$, während die entsprechende Kephalisationskonstante bei den Vögeln der Jetztzeit 2—8 beträgt. Nimmt man nun die für die heutigen Reptilien höchste Kephalisationskonstante für den 8000 kg schweren *Tyrannosaurus* willkürlich an, so ergibt sich ein Hirngewicht von 76,5 Gramm nach der Duboisschen Formel und für den 40 Tonnen schweren *Brontosaurus* ein solches von rund 190 Gramm, also beides sehr niedrige Werte. Irgendwie höhere, wenn auch noch so bescheidene funktionelle Leistungen sind von solchen Gehirnen nicht zu erwarten, sie waren unfähig, in Zeiten der Not ihren Lebensraum zu erweitern oder unerwünschte Konkurrenten auszuschalten; die vorhandenen Ganglienzellen reichten gerade für den Bedarf des eigenen Körpers aus, nicht aber zur Gestaltung der Umweltbeziehungen in schwierigen Situationen.

Ich habe hier den Untergang der Dinosaurier von einer hohen biologischen Warte aus unserem Verständnis näher zu bringen versucht. Was sich dabei aus meinen Ausführungen ergibt, ist, daß die Dinosaurier eines von den mehrfach auftretenden Phänomenen einer hohen räumlichen Konzentration der lebenden Substanz darstellen. Letztere ist aber in diesem Falle unfähig gewesen, die dazu nötige innere Organisation zu schaffen, sowohl in chemischer als auch zentralnervöser Hinsicht. Möglich ist die Durchführung eines solchen Versuches offenbar nur unter den damaligen, hiefür günstigen äußeren Bedingungen gewesen. Sobald sich diese änderten, war der Untergang dieser großen Formen der Tierwelt, der damaligen Herren der festen Erde und der Shelfmeere, eine unabwendbare Sache.